



Superdeterminismo y los ídolos del foro y del teatro

Superdeterminism and the Idols of the Forum and the Theater

Superdeterminismo e os ídolos do fórum e do teatro

C. Gerardo S. Ciepielewski

Universidad Nacional Autónoma de México

cgsctiepielewski@gmail.com

0009-0004-1290-6018 

→ **Recibido:** 15 / 10 / 2025
 → **Aceptado:** 22 / 10 / 2025
 → **Publicado:** 03 / 03 / 2026

→ **Artículo Dossier**

“Filosofía y Fundamentos de la Física”

© 2026 C. Gerardo S. Ciepielewski

CC BY 4.0

→ **Cómo citar:** Ciepielewski, C. G. S. (2026).

Superdeterminismo y los ídolos del foro y del teatro.

Culturas Científicas, 6(1), pp. 259-276.

doi.org/10.35588/cc.v6d7830

[RESUMEN]

En los últimos años ha habido un marcado interés por el llamado superdeterminismo: la idea de eludir el teorema de Bell y sus consecuencias negando la suposición de Independencia de Ajustes (IA). En este artículo sostengo que dicho interés está, en gran medida, mal encauzado, porque descansa en malentendidos claros y bien documentados que una revisión sencilla de la disputa y de la literatura pertinente habría disipado con facilidad. Como posible explicación del creciente interés en el superdeterminismo pese a estos malentendidos, señalo una tendencia entre algunos filósofos de la ciencia a mostrar excesiva deferencia hacia las conclusiones y opiniones de físicos. Finalmente, argumento que, si la filosofía de la física ha de ser útil para la física y para la ciencia en general —al ofrecer claridad conceptual, identificar problemas, proporcionar crítica constructiva y orientar la elección teórica—, debe evitar tal complacencia.

[PALABRAS CLAVES]

superdeterminismo, localidad, teorema de Bell, independencia de ajustes, libre albedrío.

[ABSTRACT]

In recent years there has been marked interest in so-called superdeterminism: the idea of evading Bell's theorem and its consequences by denying the assumption of Settings Independence (SI). I argue that much of it is misdirected, resting on clear and well-documented misunderstandings that a straightforward review of the dispute and relevant literature would readily dispel. As a possible explanation for the growing interest in superdeterminism despite these misunderstandings, I point to a tendency among some philosophers of science to defer excessively to physicists' conclusions and opinions. Finally, I argue that if philosophy of physics is to be useful to physics and to science more broadly—by offering conceptual clarity, identifying problems, providing constructive criticism, and guiding theory choice—it must avoid such complacency.

[KEY WORDS]

superdeterminism, locality, Bell theorem, settings independence, free-will.

1. Introducción

En los últimos años, el superdeterminismo ha atraído una atención considerable como propuesta para evadir la no-localidad y el teorema de Bell. La idea es sencilla: en lugar de suponer que la distribución $\rho(\lambda)$ sobre variables ocultas es independiente de los ajustes del detector a, b , se postula que λ y los ajustes están correlacionados debido a una causa común que comparten. La propuesta fue impulsada por Gerard 't Hooft ('t Hooft, 2016, 2017) y ha sido defendida por algunos físicos, entre ellos Sabine Hossenfelder y Tim Palmer. Según estos proponentes, el superdeterminismo no solo permitiría eludir la no-localidad (Donadi and Hossenfelder, 2020, p. 1), sino también resolver el problema de la medición (Hossenfelder and Palmer, 2020, p. 1; 't Hooft, 2016, p. v), derivar las probabilidades de la regla de Born (Palmer, 2024, p. 8), eliminar los “colapsos” ('t Hooft, 2016, p. v) e incluso ofrecer una vía hacia la gravedad cuántica (Palmer, 2017, p. 35).

Este entusiasmo, sostendré, es infundado. En gran medida, el interés en teorías superdeterministas se basa en malentendidos elementales que pudieron haberse evitado con una lectura cuidadosa de la literatura relevante sobre el teorema de Bell. En *Novum Organum*, Francis Bacon presentó una taxonomía de los tipos de errores que interfieren con el proceso del razonamiento humano. Los *ídolos del foro* (*idola fori*) —distorsiones que surgen del lenguaje— describen bien muchos de los errores que se encuentran en la literatura sobre superdeterminismo, y que han sido cometidos principalmente por físicos, donde términos clave (“superdeterminismo”, “libre albedrío”, “no-localidad”) se deslizan o se confunden de maneras que hacen “violencia al entendimiento” (Bacon, 2000, pp. 41–42, 48). Otro tipo de error común ha sido cometido por algunos filósofos que han repetido afirmaciones de los defensores del superdeterminismo de forma acrítica; este error corresponde a lo que Bacon llamaría los *ídolos del teatro* (*idola theatri*) —la deferencia a dogmas dominantes y narrativas prefabricadas—, que Bacon compara con “obras producidas y representadas” que construyen mundos ficticios (Bacon, 2000, p. 42).

Este artículo, cabe aclarar, no es una discusión extensiva sobre el superdeterminismo. En otro lugar se discutieron sus méritos y las perspectivas de desarrollar una teoría superdeterminista (Ciepielewski et al., 2023). Aquí mi objetivo es distinto: hacer evidente que el proyecto estuvo mal encaminado desde el comienzo debido a errores que una lectura detallada de la literatura relevante habría hecho evidentes.

Este artículo está estructurado del siguiente modo. Sección 1 revisa el teorema de Bell y subraya aspectos de la presentación de Bell que todavía invitan a clarificación. Las secciones 2–4 examinan tres errores recurrentes sobre el superdeterminismo: confundir superdeterminismo con determinismo; reformular la suposición del teorema de Bell conocida como *Independencia de Ajustes* (IA) como una tesis sobre el libre albedrío; y etiquetar como no-locales a toda correlación entre eventos con separación tipo-espacio. La Sección 5 extrae la lección metafilosófica más amplia de que una deferencia excesiva a los físicos distorsiona el análisis. La conclusión exhorta a una interacción más crítica y constructiva entre la física y la filosofía.

2. El teorema de Bell

En este artículo seguiremos la exposición del teorema de Bell en (Bell, 1990). La pregunta que motiva el teorema es qué predicciones haría toda teoría que satisface *localidad*. Para ello,

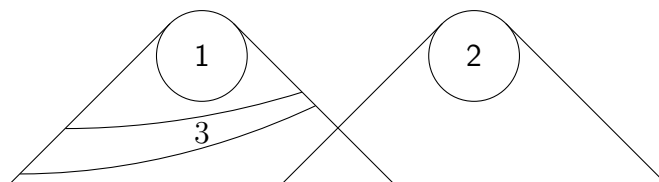


Figura 1: Localidad. La probabilidad del valor de una *beable* en la región 1 es estadísticamente independiente del valor de cualquier *beable* en la región 2 cuando uno condiciona en el estado completo de los *beables* en la región 3. Nótese que 3 es una rebanada espacial que cubre por completo el cono de luz pasado de 1, y que 2 es una región separada por intervalo espacial de 1 que está fuera del futuro causal de 1.

es necesario definir qué es localidad. Bell lo hace mediante el *Principio de Localidad Causal (PLC)*:

PLC: Las causas directas (y los efectos) de los eventos están cercanas, e incluso las causas indirectas (y los efectos) no están más lejos de lo permitido por la velocidad de la luz. (Bell, 1990, p. 105)

Tras mencionar que este principio no es “todavía lo suficientemente nítido y limpio para las matemáticas”, Bell lo refina:

Se dirá que una teoría es localmente causal si las probabilidades asignadas a valores de *beables* locales —el concepto de *beable* refiere a valores de una teoría que pueden ser interpretados físicamente, ver (Maudlin, 2016)— en una región espaciotemporal 1 (ver figura 1) no se alteran al especificar valores de *beables* locales en una región 2 separada por intervalo tipo espacio, cuando lo que sucede en el cono de luz pasado de 1 ya está suficientemente especificado, por ejemplo, mediante una especificación completa de *beables* locales en una región espaciotemporal 3. (Bell, 1990, p. 106)

Supongamos entonces que algún *beable* b_1 está en la región 1, que otro *beable* b_2 está en la región 2, y que λ_τ denota “una especificación completa de *beables* locales en la región 3”. Entonces, el PLC establece que

$$P(b_1|\lambda_\tau) = P(b_1|\lambda_\tau, b_2). \quad (1)$$

Bell hace dos observaciones importantes respecto de este principio. Primero, que es crucial que 2 esté fuera del futuro causal de 3. Segundo, que los sucesos en 3 deben estar completamente especificados (Bell, 1990). Si cualquiera de estas dos condiciones falla, b_2 podría aportar información sobre b_1 sin que haya no-localidad: Si la descripción de 3 no es completa, b_2 podría complementarla. Si 2 no está fuera del futuro causal de 3, entonces, en una teoría indeterminista, un proceso estocástico en el futuro de 3, pero en el pasado común de 1 y 2, podría correlacionarlos; para detalles, véase (Norsen, 2017). Con el concepto de localidad aclarado, pasaremos a describir un experimento tipo EPR-Bell.

Consideremos un conjunto de pares de “partículas”, todas creadas en el estado que la mecánica cuántica describe como un *singlete*. Las partículas de cada par se envían a dos

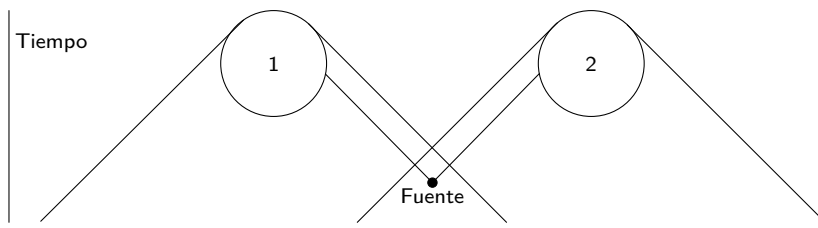


Figura 2: Experimento tipo EPR-Bell. Se prepara un par de partículas en el estado que la mecánica cuántica describe como un singlete y se envía a dos regiones distantes, 1 y 2, donde Alice y Bob, respectivamente, realizarán experimentos. λ representa el estado físico completo del sistema que medirán Alice y Bob. A ($=+1$ o -1) y B representan los resultados de Alice y Bob, y a y b los ajustes de los dispositivos de medición.

ubicaciones espacialmente separadas, 1 y 2, donde se realizarán mediciones de espín (ver figura 2). Sean a, b las direcciones de espín medidas en 1 y 2, respectivamente, y A, B los resultados correspondientes (con espín “arriba” igual a $+1$ y “abajo” igual a -1). Denótese por λ el estado fundamental completo de cada sistema medido; es decir, λ contiene información completa sobre todas las propiedades fundamentales del sistema que el experimento mide. Si la mecánica cuántica es completa, λ es la función de onda; si no lo es, entonces λ podría ser la función de onda complementada con información adicional o podría ser algo enteramente distinto. No asumiremos nada concreto respecto de la naturaleza de λ . En particular, aunque usemos la palabra “partícula” para describir las dos *partes* del sistema aquí, podría ser que λ no corresponda de ningún modo a partículas. Además, no se impone que λ deba constituir necesariamente “variables ocultas” que *completen* o *complementen* la mecánica cuántica estándar, ni que el modelo fundamental sea determinista. Finalmente, λ puede incluir variables que representen aspectos del dispositivo de medición o de su vecindad inmediata (además del ajuste empleado), de modo que λ se describe mejor como el estado del sistema medido, no como el estado del par de partículas.

Con el concepto de localidad aclarado y definidas las variables relevantes, podemos usar el PLC para derivar la suposición de factorizabilidad del teorema. Consideremos la probabilidad conjunta de A y B , $P(A, B | a, b, \lambda)$, y usemos la regla del producto para escribirla como:

$$P(A, B | a, b, \lambda) = P(A | a, b, B, \lambda) P(B | a, b, \lambda), \quad (2)$$

Entonces, dado que las mediciones de Alice y Bob ocurren con separación espacial (ver figura 2), podemos apelar al PLC para eliminar b y B del primer factor de la derecha y a del segundo, llegando a

$$P(A, B | a, b, \lambda) = P(A | a, \lambda) P(B | b, \lambda). \quad (3)$$

A esta ecuación se le conoce como *factorizabilidad*.

La segunda suposición del teorema, conocida como *independencia de ajustes* (IA), establece que la distribución de estados físicos que caracteriza el conjunto de sistemas medidos, $\rho(\lambda)$, y los ajustes de medición a y b son estadísticamente independientes:

$$\rho(\lambda | a, b) = \rho(\lambda). \quad (4)$$

Esto es, se asume que, si del conjunto total de pares medidos uno se enfoca en un subconjunto de corridas con cualquier par particular de ajustes, entonces la distribución de λ en ese subconjunto es la misma que la distribución del total.

Supongamos, entonces, que factorizabilidad e IA son verdad. Supongamos también que estamos considerando el valor esperado para los resultados de los experimentos realizados por Alice y Bob, $E(a, b) = \int \sum_{A,B} A B \Pr(A, B|a, b, \lambda) \rho(\lambda|a, b) d\lambda$. Usando nuestras suposiciones, podemos manipular dicho valor esperado:

$$\begin{aligned} E(a, b) &= \int \sum_{A,B} A B \Pr(A, B|a, b, \lambda) \rho(\lambda|a, b) d\lambda \\ &= \int \sum_{A,B} A B \Pr(A|a, \lambda) \Pr(B|b, \lambda) \rho(\lambda) d\lambda \\ &= \int \left[\sum_A A \Pr(A|a, \lambda) \right] \left[\sum_B B \Pr(B|b, \lambda) \right] \rho(\lambda) d\lambda \\ &= \int \bar{A}(a, \lambda) \bar{B}(b, \lambda) \rho(\lambda) d\lambda, \end{aligned} \quad (5)$$

donde $\bar{A}(a, \lambda)$ y $\bar{B}(b, \lambda)$ denotan las expresiones entre corchetes en la tercera línea. Luego se considera

$$E(a, b) \pm E(a, b') = \int \bar{A}(a, \lambda) [\bar{B}(b, \lambda) \pm \bar{B}(b', \lambda)] \rho(\lambda) d\lambda \quad (6)$$

y se observa que, dado que $|\bar{A}(a, \lambda)| \leq 1$,

$$|E(a, b) \pm E(a, b')| \leq \int |\bar{B}(b, \lambda) \pm \bar{B}(b', \lambda)| \rho(\lambda) d\lambda, \quad (7)$$

y por el mismo razonamiento,

$$|E(a', b) \mp E(a', b')| \leq \int |\bar{B}(b, \lambda) \mp \bar{B}(b', \lambda)| \rho(\lambda) d\lambda. \quad (8)$$

Finalmente, como $|\bar{B}(b, \lambda)| \leq 1$,

$$|\bar{B}(b, \lambda) \pm \bar{B}(b', \lambda)| + |\bar{B}(b, \lambda) \mp \bar{B}(b', \lambda)| \leq 2, \quad (9)$$

así que, sumando 7 y 8 y recordando que $\rho(\lambda)$ está normalizada, se llega a

$$|E(a, b) - E(a, b')| + |E(a', b) + E(a', b')| \leq 2. \quad \square \quad (10)$$

Esta desigualdad, conocida como CHSH (Clauser et al., 1969), es una entre otras de las llamadas desigualdades de Bell. Se conoce como teorema de Bell a los teoremas que derivan una de estas desigualdades a partir de suponer factorizabilidad e IA.

La mecánica cuántica, sin embargo, predice un valor máximo de $2\sqrt{2}$ para la combinación CHSH. Para ver esto, nótese que la predicción cuántica para el valor esperado discutido arriba es

$$E^{QM}(a, b) = -\cos(\theta), \quad (11)$$

donde θ es el ángulo entre a y b . Entonces, si se toman a, a', b, b' en el mismo plano, con 90° entre a y a' , y entre b y b' , y 45° entre a y b , se obtiene

$$|E^{QM}(a, b) - E^{QM}(a, b')| + |E^{QM}(a', b) + E^{QM}(a', b')| = 2\sqrt{2}. \quad (12)$$

De modo que toda teoría que satisface localidad hace predicciones distintas a las de la mecánica cuántica. Los experimentos realizados hasta la fecha concuerdan con la mecánica cuántica (Aspect et al., 1982; Weihs et al., 1998; Giustina et al., 2015; Shalm et al., 2015; Rauch et al., 2018; Abellán et al., 2018).

2.1. Problemas abiertos

Antes de discutir algunos de los errores de los defensores del superdeterminismo, vale la pena señalar claramente un par de puntos que quedaron sin resolver en la presentación del teorema de Bell que acabo de usar. La motivación de esta sección es mostrar que existen todavía problemas y cuestiones por resolver sobre el teorema de Bell.

El primero es sobre la naturaleza exacta de λ en la derivación. Según el PLC (ver figura 1), uno puede ignorar *beables* de una región con separación tipo espacio 2 cuando uno tiene una *descripción suficiente* de lo que ocurre en una rebanada del pasado de la región 1, por ejemplo, —continúa el principio— cuando uno tiene una “especificación completa de al menos aquellas partes de 3 que bloquean los dos conos de luz pasados” (Bell, 1990, p. 108).

No está claro, sin embargo, qué debe entenderse aquí por “descripción suficiente” ni “especificación completa”. ¿Significa que contiene toda la información física relevante en las partes de 3 que bloquean los dos conos de luz pasados? Eso no puede ser el caso, porque haría falsa IA (esto porque, claramente, dicha descripción incluiría las variables que determinan las configuraciones de los aparatos de medición). ¿Representa a las variables que describen el sistema de partículas que constituye el sistema enviado a las regiones 1 y 2? Eso suena plausible y está en línea con cómo se suele describir λ en la literatura sobre el teorema de Bell (Clauser and Horne, 1974, p. 527; Myrvold et al., 2021; Ciepielewski et al., 2023). En ese caso, sin embargo, no es claro cómo derivar factorizabilidad desde el PLC.

El segundo punto concierne a la propia suposición de IA. Inicialmente, Bell impuso IA solo de manera implícita, pero unos años después Clauser y Horne advirtieron que tal suposición era independiente de la localidad y la hicieron explícita (véase (Clauser and Horne, 1974, fn. 13)). Para 1976, Bell (1976) presenta la suposición del siguiente modo:

Se ha supuesto que los ajustes de los instrumentos son en algún sentido variables libres —digamos, a capricho de los experimentadores— o, en todo caso, no determinados en la intersección de los conos de luz pasados. De hecho, sin tal libertad no sabría cómo formular *cualquier* idea de causalidad local, ni siquiera la humana, modesta. (Bell, 1976, p. 22) (reimpreso en (Bell, 2004, p. 61))

Esta forma de describir a la suposición de IA logra 1) capturar correctamente lo que hace IA —tratar los ajustes como “variables exógenas”— y 2) ofrece una justificación simple para

adoptar esta suposición: toda teoría necesita tales variables para representar las condiciones experimentales con las que se la pone a prueba. Toda teoría física, nos dice Bell, necesita este tipo de suposición.

No obstante, como justificación de por qué IA es razonable, esta postura resulta insatisfactoria, sobre todo si se tiene en mente una teoría fundamental. Una teoría fundamental debería ofrecer, en términos generales, una descripción de los sistemas físicos que constituyen a los ajustes en un aparato de medición y, con base en ello, permitir evaluar si IA es una suposición razonable. Llamar a los ajustes “variables libres” registra correctamente su papel de modelado —como controles exógenos independientes de λ —, pero por sí mismo no justifica IA al nivel de una teoría fundamental. Cualquier propuesta sería debería explicar, en términos físicos, por qué las variables de ajuste pueden tratarse como exógenas con respecto a λ .

Estos dos puntos señalan dos problemas abiertos que son de relevancia para entender el teorema de Bell, en general, y la posibilidad de una teoría superdeterminista, en particular. Desafortunadamente, las discusiones de los últimos años no giraron en torno a estos u otros puntos igualmente importantes, sino que han girado en torno a confusiones, que ahora pasamos a discutir.

3. Superconfundidos

¿Qué es el superdeterminismo? Sus defensores a veces lo describen como determinismo más negación de la suposición de IA (Palmer, 2009, p. 23; Vervoort, 2013, p. 11; Hossenfelder, 2014, p. 3; 't Hooft, 2016, p. 4; Crecraft, 2021, p. 3; Hossenfelder and Palmer, 2020, p. 5; Yurchenko, 2021, p. 2; Andreoletti and Vervoort, 2022, p. 2). Por ejemplo, Gerard 't Hooft escribe:

Las teorías deterministas *reales* aún no han sido excluidas [por el teorema de Bell]. Si una teoría es determinista *de cabo a rabo*, implica que no solo todos los fenómenos observados, sino también los propios observadores, están controlados por leyes deterministas [...]. La idea de que también las acciones de los experimentadores y los observadores están controladas por leyes deterministas se llama *superdeterminismo*. ('t Hooft, 2016, p. 4)

En esta cita, claramente 't Hooft identifica al superdeterminismo con el determinismo. Como vimos arriba, sin embargo, el teorema de Bell hace solo dos suposiciones: localidad e IA. Si el objetivo es conservar la localidad, la única forma de evadir el teorema es negar IA. Sin embargo, no hay resultado formal, argumento conocido o siquiera una razón vaga para sospechar que una teoría que niegue IA tenga que ser determinista. La identificación generalizada de “superdeterminismo” con determinismo —que puede rastrearse a interpretaciones de Brans (1988) y a la posterior defensa de 't Hooft ('t Hooft, 2016)— es una confusión surgida del desafortunado nombre usado para describir estas teorías.

Hasta donde sé, el término “superdeterminismo” fue usado por primera vez por Bell en una entrevista de la BBC realizada por Paul Davies, en la que Bell habló de su teorema y los ahora famosos experimentos de Alain Aspect (Aspect et al., 1982). Cuando Davies le pregunta a Bell sobre la posibilidad de un universo determinista a la luz de su teorema, Bell responde:

Sabes, una de las formas de entender este asunto es decir que el mundo es *superdeterminista*. Que no solo la naturaleza inanimada es determinista, sino que nosotros, los experimentadores que imaginamos poder elegir hacer un experimento en lugar de otro, también estamos determinados. Si es así, la dificultad que crea este resultado experimental desaparece (énfasis añadido). (Davies, 1986, p. 47)

Aquí, Bell parece claramente sugerir que el superdeterminismo es algo por encima y más allá del determinismo. Sin embargo, una lectura cuidadosa de la transcripción aclara la situación. El contexto, como dije antes, son los experimentos de Alain Aspect (Aspect et al., 1982) que pusieron a prueba las desigualdades de Bell y hallaron violaciones de las mismas, confirmando así las predicciones cuánticas para experimentos tipo EPR-Bell. Poco antes de la respuesta de arriba, Davies indaga sobre si los experimentos de Aspect muestran que el universo no es determinista, esto es, que, contrario a lo que Einstein creía, “Dios sí juega a los dados”, a lo que Bell responde señalando que el experimento no descarta al determinismo, y que el problema de Einstein con la mecánica cuántica tenía que ver más con la no-localidad que con su indeterminismo. Davies continúa: “¿No cree que nos dice algo sobre el determinismo o el indeterminismo del mundo físico?” A lo cual Bell responde, en esencia, que (i) decir que no nos dice nada “sería ir demasiado lejos”, y (ii) que “es muy difícil decir que un solo experimento te dice algo sobre un concepto aislado. Creo que lo que se pone a prueba es toda una concepción del mundo, y si el experimento no verifica esa concepción, no es tan fácil identificar qué parte es sospechosa y debe revisarse”. (Davies, 1986, pp. 46–47)

En este punto de la entrevista, Davies ha hecho dos preguntas sobre determinismo que no eran realmente pertinentes ni para el teorema de Bell ni para el experimento de Aspect. Su siguiente pregunta —nuevamente sobre determinismo— es: “¿Sigue siendo posible mantener, a la luz de la experiencia experimental, la idea de un universo determinista?” Pese a que las respuestas de Bell hasta este punto han tratado de alejar la discusión del determinismo, Davies nuevamente pone a este concepto sobre la mesa. Es en el contexto de esta tercera pregunta que debe leerse la respuesta de Bell. El contexto sugiere que Bell intentaba desplazar la discusión del determinismo hacia la posibilidad de negar IA. “Sabes —dice Bell— una de las formas de entender este asunto es decir que el mundo es superdeterminista.” Bell está tratando de mover la entrevista desde un tema no directamente conectado con los experimentos de Aspect, el determinismo, hacia un tema que sí lo es, la posibilidad de teorías que niegan IA. En una teoría como esa, “nosotros, —continúa Bell— los experimentadores que imaginamos poder elegir hacer un experimento en lugar de otro, también estamos determinados.” La entrevista continúa:

Davies: El libre albedrío es una ilusión —¿eso nos saca de la crisis?

Bell: Correcto. En el análisis se supone que el libre albedrío es genuino, y como resultado de ello se encuentra que la intervención del experimentador en un punto tiene que tener consecuencias en un punto remoto, de una manera que las influencias restringidas por la velocidad finita de la luz no permitirían. Si el experimentador no es libre de hacer esta intervención, si eso también está determinado de antemano, la dificultad desaparece. (Davies, 1986, p. 47)

Esta cita, y otras similares, se discutirán en la siguiente sección. Veremos allí que el punto principal de Bell era que el superdeterminismo involucraría teorías sin variables exógenas —algo que consideraba ajeno a la práctica de la física. Apoya esta interpretación el hecho de que,

dondequiera que Bell escribió sobre el tema (véanse las citas en la próxima sección), no hay mención de determinismo. Además, los principales autores que escribieron sobre el teorema de Bell en los noventa y que comenzaron a establecer la forma más común de entenderlo —especialmente Redhead (1987) y Maudlin (2011)— trataron al superdeterminismo como la negación de IA, no como algo relacionado con el determinismo.

Por la misma época de la entrevista, sin embargo, Brans (1988) sembró parte del malentendido:

El propósito principal de este artículo es enfatizar que la suposición de Bell es de hecho inconsistente con una teoría de variables ocultas plenamente causal en la cual, siguiendo el determinismo clásico:

FCA: Todos los aspectos del experimento, incluidos los ajustes de los detectores, están determinados por datos iniciales en algún tiempo lo suficientemente remoto. (Brans [1988], p. 220)

Aunque no usó la etiqueta “superdeterminismo”, Brans es, hasta donde sé, el primero en sugerir que puede escaparse del teorema de Bell abrazando el determinismo. Gerard 't Hooft —probablemente el proponente más influyente del superdeterminismo— cita a Brans en *The Cellular Automaton Interpretation of Quantum Mechanics* ('t Hooft, 2016, p. 42). Antes, 't Hooft había escrito extensamente sobre teorías subyacentes a la mecánica cuántica, pero con el objetivo principal de llegar a una teoría determinista ('t Hooft, 1999, 2000, 2001, 2002). En algún punto esto chocó con el teorema de Bell, y surgió la confusión.

El error no fue inocuo, sino que ha conducido a otras confusiones. En particular, Hossenfelder (2011) propone un experimento para “probar el superdeterminismo”, pero el protocolo en realidad sondea una clase más estrecha de modelos deterministas de variables ocultas con memoria entre ensayos. El protocolo propuesto encierra una sola partícula en un bucle con dos ajustes y registra el tiempo de permanencia (número de vueltas) hasta que la partícula sale. Ajustando la curva de supervivencia a una exponencial, se estima un tiempo de autocorrelación de resultados atribuido a la persistencia de variables ocultas en el aparato y entorno. Crucialmente, el protocolo no pone a prueba IA. Como resultado, el artículo propone una forma de poner a prueba *ciertas formas de determinismo*.

No solo físicos han repetido esta confusión. Algunos filósofos han cometido el mismo error (Vervoort, 2013, p. 11; Crecraft, 2021, p. 3; Kitajima, 2025, p. 14). Más recientemente, los defensores del superdeterminismo han reconocido parcialmente su error. Sin embargo, siguen insistiendo en que el superdeterminismo implica determinismo —pero ahora por razones “históricas”:

Se advierte al lector que la palabra “Superdeterminismo” se ha usado con un significado ligeramente diferente en otros lugares. En todos esos significados, la Independencia Estadística [IA] se viola y la teoría correspondiente debería prohibir la “acción a distancia” [...] [N]o todo el mundo supone además que una teoría superdeterminista sea en primer término determinista. Aquí suponemos que sí lo es, porque *ésa fue históricamente la motivación para considerar esta opción*. . . (énfasis añadido). (Hossenfelder and Palmer, 2020, p. 5)

La “motivación histórica” aquí es, como ahora podemos ver, que los defensores del superdeterminismo confundieron el superdeterminismo con determinismo.

4. Libre albedrío vs. superdeterminismo

Según algunos defensores del superdeterminismo, uno de los principales argumentos en su contra —si no el principal— es que es incompatible con el libre albedrío humano ('t Hooft, 2016, p. 41; Crecraft, 2021, p. 3). Por ejemplo:

El superdeterminismo suele considerarse inverosímil por la comunidad de físicos cuánticos y filósofos, pero estrictamente sobre la base de argumentos extrafísicos vinculados al “libre albedrío” o a la conspiración. Estas críticas pueden ponerse en duda sencillamente porque son metafísicas. (Vervoort, 2013, p. 21)

En esta óptica, el superdeterminismo es de algún modo incompatible con el libre albedrío:

Si una teoría es determinista *de cabo a rabo*, implica que no solo todos los fenómenos observados, sino también los propios observadores, están controlados por leyes deterministas. Ciertamente no tienen “libre albedrío”; sus acciones tienen raíces en el pasado, incluso en el pasado remoto. Permitir que un observador tenga libre albedrío, es decir, que reajuste su aparato de observación a voluntad sin perturbaciones ni siquiera infinitesimales del universo circundante, *incluyendo modificaciones en el pasado remoto*, es fundamentalmente imposible. ('t Hooft, 2016, p. 4)

Como vimos en la sección anterior, pueden encontrarse citas de Bell que parecen sugerir tensión entre superdeterminismo y libre albedrío. Aquí reproducimos una cita particularmente sugerente:

Se ha supuesto [en la derivación de su teorema] que los ajustes de los aparatos de medición son, en algún sentido, variables libres —digamos, a capricho de los experimentadores— o, en todo caso, no determinadas en la intersección de los conos de luz pasados. De hecho, sin tal libertad no sabría cómo formular *cualquier* idea de causalidad local, ni siquiera la humana, modesta. (Bell, 1976, p. 95) reimpreso en (Bell, 2004, p. 61).

Como dijimos, este y otros pasajes (véase (Bell, 1981, p. 16), reimpreso en (Bell, 2004, p. 154)) han sido leídos por algunos autores (Kronz, 1990, p. 425; Price, 1996, p. 237; Abellán et al., 2018, p. 212) como expresión de un argumento desde la existencia del libre albedrío hacia el rechazo del superdeterminismo. Así que podría parecer que el propio Bell ofreció un argumento contra el superdeterminismo basado en el concepto de libre albedrío. No obstante, una lectura atenta de su obra muestra, una vez más, que no es el caso.

Poco después de la publicación de *The theory of local beables*, artículo del que proviene la cita de Bell arriba expuesta, Shimony et al. (1976) hacen una crítica importante al artículo de Bell, centrada en la suposición de IA. Además de señalar que dicha suposición “podría hacerse razonable” si uno piensa en los ajustes como resultado de eventos espontáneos, los autores criticaron el uso de conceptos como libre albedrío (*free will*) en el artículo de Bell.

Crucialmente para nosotros, Bell respondió posteriormente a esta crítica dando una explicación detallada de su posición acerca de IA y su relación con la libertad de la voluntad:

“... digamos, a capricho de los experimentadores...”

Aquí yo contemplaría la hipótesis de que los experimentadores tienen libre albedrío. Pero según CHS [Clauser, Horne y Shimony] no me sería permitido justificar la suposición de variables libres “apoyándome en una metafísica que no ha sido probada y que bien podría ser falsa”. ¡Vaya deshonra, quedar atrapado en una postura metafísica! Pero me parece que, en este asunto, no hago sino ejercer mi oficio de físico teórico. (Bell, 1977, p. 80).

Tras distinguir entre el análisis de teorías físicas (que es lo que hace Bell) y *filosofar* sobre el mundo real (que no es lo que está haciendo), Bell continúa:

Una clase respetable de teorías —incluida la teoría cuántica contemporánea tal como se practica— tiene variables “libres” y “externas” además de aquellas internas a la teoría y condicionadas por ella. Estas variables suelen ser campos o fuentes externas. Estas se invocan para representar condiciones experimentales. También proporcionan un punto de apoyo para “experimentadores con libre albedrío”, si se permite la referencia a tales entidades metafísicas hipotéticas. Me inclino a prestar particular atención a teorías de este tipo, que me parecen las más sencillamente relacionadas con nuestra manera cotidiana de ver el mundo. (Bell, 1977, pp. 80–81)

Según Bell, entonces, las teorías físicas incluyen comúnmente variables libres que sirven para representar intervenciones experimentales. En el lenguaje de *modelos causales*, ver (Pearl, 2009), se trata de *variables exógenas* —distintas de las *endógenas* que describen al sistema estudiado— que usamos para aislar efectos, controlar parámetros y poner a prueba hipótesis. Cuando Bell habla de su presencia como característica de una “clase respetable de teorías”, está minimizando el punto. Tales variables son necesarias en el diseño e implementación de cualquier escenario experimental, dentro y fuera de la ciencia.

En suma, a la luz del contexto aquí señalado, es claro que Bell trató a la suposición de IA como siendo equivalente a afirmar que los ajustes a y b pueden tratarse como *variables libres*: exógenas con respecto al sistema bajo investigación, aquí representado por λ . Las referencias a la libertad de la voluntad eran solo una forma de expresar esto, una forma un tanto desafortunada.

5. ¿Qué estamos discutiendo?

¿Qué motiva al superdeterminismo? La respuesta parece trivial: dado que el teorema de Bell atañe a las predicciones de teorías locales, y el superdeterminismo intenta restaurar la localidad negando la IA, la motivación debería ser preservar la localidad. Para algunos defensores del superdeterminismo, sin embargo, esto no es correcto. Sabine Hossenfelder (Hossenfelder, 2011) ha sostenido que el superdeterminismo es no-local en el sentido de que permite correlaciones entre sucesos separados por intervalo espacial. Tras citar la definición de causalidad local de Bell, escribe:

[E]l superdeterminismo puede ser localmente causal según la segunda parte de la definición [del PLC, ver arriba] (“*lo que ocurre en el cono de luz pasado de*

1 ya está suficientemente especificado, por ejemplo mediante una especificación completa de beables locales en una región de espacio-tiempo 3") pero no según la primera parte ("las probabilidades asignadas a valores de beables locales en una región de espacio-tiempo 1 no se alteran al especificar valores de beables locales en una región 2 separada por intervalo espacial"). La violación de la segunda parte de la definición es exactamente lo que hace imposible elegir los ajustes del detector sin alterar el estado que se quiere observar. (Hossenfelder, 2011, p. 4)

En esta lectura, el superdeterminismo es "no-local" porque postula correlaciones entre eventos con separación tipo espacio. Llamar a esto no-localidad es confuso, quizá incluso ridículo, pues ninguna definición sensata de no-localidad toma las meras correlaciones con separación tipo espacio como no-locales: tales correlaciones son ubicuas y no problemáticas en el universo. El famoso ejemplo de Bell (Bell, 1981) son los calcetines del profesor Bertlmann: el profesor Bertlmann usa siempre pares de calcetines de color distinto, de modo que si uno consigue tener uno de los calcetines y ver su color, entonces uno sabe que el color del otro debe ser distinto, independientemente de la distancia entre los dos. No hay nada misterioso o sorprendente en esta *correlación*.

La posible causa de esta confusión es fácil de detectar. Como se señaló antes, los defensores del superdeterminismo estaban principalmente interesados en encontrar una teoría fundamental que fuera determinista ('t Hooft, 1999, 2000, 2001, 2002; Hossenfelder, 2011), de modo que su atención al concepto de localidad de Bell fue secundario (véase, p. ej., ('t Hooft, 2007)). Como la motivación original era la búsqueda de una teoría determinista (Hossenfelder, 2011, p. 9), no la localidad, los defensores del superdeterminismo no mostraron interés real en entender, entre muchas otras cosas, qué significa violar el PLC.

Desafortunadamente, esta confusión básica que habría sido fácil de corregir ha sido replicada por algunos filósofos:

Así, el superdeterminismo ofrece una posible interpretación local de las violaciones de las desigualdades de Bell, a saber, una que no acepta la no-localidad. Sin embargo, es importante ser cuidadoso aquí porque, como Hossenfelder señala con razón, el superdeterminismo también contradice el primer conjuntivo del supuesto de libre elección, al menos en algún sentido particular. En efecto, dado que los dos ajustes de medición x e y ya están determinados por un suceso pasado, estrictamente hablando, ya hay una *forma indirecta de no-localidad*. [mi énfasis] (Baas and Le Bihan, 2023, p. 5).

Para cualquiera familiarizado con el teorema de Bell, esto es solo confusión surgida de no entender qué noción de localidad está en juego. Continúan: "Dicho en términos más filosóficos, la forma de no-localidad implicada por el superdeterminismo no depende de la existencia de alguna *relación primitiva de dependencia ontológica* entre los dos sistemas, ni de ninguna otra relación conectiva cargada modalmente [énfasis en el original]." (Baas and Le Bihan, 2023, p. 6). No solo se reproduce la confusión, sino que se ofrece una terminología y justificación "filosófica" de la misma.

6. Discusión

Los errores reseñados arriba son en su mayoría *ídolos del foro*: deslizamientos y equivocaciones lingüísticas —tratar “superdeterminismo” como “determinismo”, leer “libre albedrío” como exogeneidad, o llamar “no-locales” a correlaciones entre eventos con separación tipo espacio—, precisamente las maneras en que las palabras “hacen violencia al entendimiento” (Bacon, 2000, pp. 41–42, 48). Cuando tales deslices se repiten en la literatura filosófica, aparece un ídolo distinto: el *ídolo del teatro* —deferencia a dogmas programáticos y narrativas de prestigio que montan una obra prefabricada en lugar de poner a prueba las propias suposiciones (Bacon, 2000, p. 42).

Debo precisar, sin embargo, que la mayoría de escritos filosóficos en el tema han sido críticos del proyecto superdeterminista (Redhead, 1987; Kronz, 1990; Maudlin, 2011; Lewis, 2006; Chen, 2021; Ciepielewski et al., 2023). Los casos de filósofos repitiendo estos errores merecen atención pues, como he argumentado, se trata de errores elementales. ¿Cómo explicarlos? Creo que la explicación está en cierta postura minoritaria entre filósofos según la cual la tarea de la filosofía en lo que respecta a la práctica científica debe reducirse a explicar y justificar lo que la física hace, nunca ofrecer una visión crítica. Por ejemplo, Elise M. Crull (2017) escribe, en respuesta de algunas críticas hechas (e.g. (Okon and Sudarsky, 2016)) en contra de un artículo suyo previo (Crull, 2015), lo siguiente:

A continuación respondo a mis críticos con cierto detalle (donde a menudo se encuentran los meollos del asunto). Debo ser clara desde el principio, sin embargo, que por la naturaleza de estas críticas, mucho de lo que diré abajo puede clasificarse como una o ambas de las siguientes: (a) una repetición de puntos expuestos en el artículo original, y (b) una reiteración de aspectos formales y dinámicos de la decoherencia cuántica *considerados no controvertidos por especialistas que trabajan en aplicaciones teóricas y experimentales de este proceso*. [énfasis añadido] (Crull, 2017, p. 1)

Sea cual sea la posición que se tenga sobre el papel de la decoherencia en los fundamentos de la mecánica cuántica, es claro que no puede defenderse un programa apelando a lo que sus propios promotores consideran “no controvertido”, como parece hacer Crull en la cita. Imaginemos que alguien respondiera a este artículo —que, pese a mis mejores esfuerzos, contiene errores— afirmando que el superdeterminismo implica determinismo únicamente porque así lo sostienen los autores más populares del superdeterminismo (precisamente quienes, como hemos visto, incurren en las confusiones más serias).

7. Conclusiones

Este artículo ha sostenido que el entusiasmo reciente por el superdeterminismo descansa en errores evitables. El teorema de Bell se apoya en dos suposiciones —localidad (expresada por factorizabilidad o el PLC) e Independencia de ajustes—. Quien busque conservar la localidad y eludir la restricción del teorema debe negar la IA. Nada en ese movimiento entraña determinismo, y nada en el determinismo, por sí solo, asegura una violación de la IA. Confundir

superdeterminismo con determinismo oscurece la estructura lógica del teorema y ha alentado propuestas y críticas mal encaminadas.

Una segunda confusión vincula la IA con el libre albedrío. Las observaciones de Bell muestran que las “variables libres” funcionan como controles exógenos en la contrastación teórica, no como tesis metafísicas sobre la agencia. La retórica del libre albedrío, por tanto, distrae de la pregunta real: si los modelos fundamentales pueden ofrecer, con base en principios claros, una explicación de las condiciones experimentales y, al mismo tiempo, reproducir las correlaciones. Sostener que uno de los argumentos principales contra las teorías superdeterministas es su incompatibilidad con el libre albedrío es incorrecto, desvía la atención y desestima los problemas genuinos de tales propuestas.

Un tercer error equipara cualquier correlación entre sucesos con separación tipo espacio con “no-localidad”. La localidad prohíbe cambios en las probabilidades de una región una vez suficientemente especificado su cono de luz pasado; no prohíbe correlaciones ordinarias bloqueadas por causas comunes. Tomar correlaciones genéricas a separación espacial como no-locales enturbia el objetivo del proyecto.

Sostuve, además, que los errores son elementales, que cualquier lector familiarizado con la literatura relevante podría reconocer. Leída con el lente de Bacon, la discusión ha estado menos obstaculizada por problemas genuinos que por *ídolos*: los del *foro* (deriva terminológica en torno a IA, libre albedrío y no-localidad) y los del *teatro* (deferencia a dogmas programáticos y narrativas de prestigio). Despejarlos restaura la lógica directa: para conservar la localidad hay que negar la IA; hacerlo ni requiere ni implica determinismo, y el discurso sobre el libre albedrío es, en el mejor de los casos, una distracción.

Una filosofía de la física que destierre activamente estos ídolos —privilegiando definiciones precisas, derivaciones transparentes y la alineación entre conceptos y modelos— sirve tanto a la física como a la filosofía. Tomar a la física *seriamente* requiere menos reverencia y más razonamiento; el resultado es una mejor física y una mejor filosofía.

Referencias

- Abellán, C., Collaboration, T. B. B. T., et al. (2018). Challenging local realism with human choices. *Nature*, 557:212–216.
- Andreoletti, G. and Vervoort, L. (2022). Superdeterminism: A reappraisal. *Synthese*, 200:361.
- Aspect, A., Grangier, P., and Roger, G. (1982). Experimental realization of Einstein-Podolsky-Rosen-Bohm gedankenexperiment: A new violation of bell’s inequalities. *Physical Review Letters*, 49:91–94.
- Baas, A. and Le Bihan, B. (2023). What does the world look like according to superdeterminism? *The British Journal for the Philosophy of Science*, 74:555–572.
- Bacon, F. (2000). *The New Organon*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Bell, J. S. (1976). The theory of local beables. *Epistemological Letters*, pages 11–24.
- Bell, J. S. (1977). Free variables and local causality. *Epistemological Letters*, pages 79–84.

- Bell, J. S. (1981). Bertlmann's socks and the nature of reality. In *Le Journal de Physique Colloques*, volume 42, pages C2-41–C2-62.
- Bell, J. S. (1990). La nouvelle cuisine. In Sarlemijn, A. and Kroes, P., editors, *Between Science and Technology*. Elsevier.
- Bell, J. S. (2004). The theory of local beables. In *Speakable and Unspeakable in Quantum Mechanics*, pages 52–62. Cambridge University Press, second edition.
- Brans, C. H. (1988). Bell's theorem does not eliminate fully causal hidden variables. *International Journal of Theoretical Physics*, 27:219–226.
- Chen, E. K. (2021). Bell's theorem, quantum probabilities, and superdeterminism. In Knox, E. and Wilson, A., editors, *The Routledge Companion to the Philosophy of Physics*, pages 184–199. Routledge, New York.
- Ciepielewski, G. S., Okon, E., and Sudarsky, D. (2023). On superdeterministic rejections of settings independence. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 74:435–467.
- Clauser, J. F. and Horne, M. A. (1974). Experimental consequences of objective local theories. *Physical Review D*, 10:526–535.
- Clauser, J. F., Horne, M. A., Shimony, A., and Holt, R. A. (1969). Proposed experiment to test local hidden-variable theories. *Physical Review Letters*, 23:880–884.
- Crechaft, H. (2021). Time and causality: A thermocontextual perspective. *Entropy*, 23:1705.
- Crull, E. M. (2015). Less interpretation and more decoherence in quantum gravity and inflationary cosmology. *Foundations of Physics*, 45:1019–1045.
- Crull, E. M. (2017). Yes, more decoherence: A reply to critics. *Foundations of Physics*, 47:1428–1463.
- Davies, P. C. W. (1986). *The Ghost in the Atom*. Cambridge University Press.
- Donadi, S. and Hossenfelder, S. (2020). A superdeterministic toy model. preprint.
- Giustina, M., Versteegh, M. A. M., Wengerowsky, S., et al. (2015). Significant-loophole-free test of bell's theorem with entangled photons. *Physical Review Letters*, 115:250401.
- Hossenfelder, S. (2011). Testing super-deterministic hidden variables theories. *Foundations of Physics*, 41:1521–1531.
- Hossenfelder, S. (2014). Testing superdeterministic conspiracy. *Journal of Physics: Conference Series*, 504:012018.
- Hossenfelder, S. and Palmer, T. (2020). Rethinking superdeterminism. *Frontiers in Physics*, 8:139.
- Kitajima, Y. (2025). Bell meets general philosophers of science: Reassessing measurement independence. arXiv.
- Kronz, F. M. (1990). Hidden locality, conspiracy and superluminal signals. *Philosophy of Science*, 57:420–444.

- Lewis, P. J. (2006). Conspiracy theories of quantum mechanics. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 57:359–381.
- Maudlin, T. (2011). *Quantum Non-Locality and Relativity: Metaphysical Intimations of Modern Physics*. Wiley-Blackwell, Malden, MA, 3rd edition.
- Maudlin, T. (2016). Local beables and the foundations of physics. In Bell, M. and Gao, S., editors, *Quantum Nonlocality and Reality: 50 Years of Bell's Theorem*, pages 317–330. Cambridge University Press.
- Myrvold, W., Shimony, A., and Genovese, M. (2021). Bell's theorem. In Zalta, E. N., editor, *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Metaphysics Research Lab, Stanford University.
- Norsen, T. (2017). *Foundations of Quantum Mechanics: An Exploration of the Physical Meaning of Quantum Theory*. Springer International Publishing.
- Okon, E. and Sudarsky, D. (2016). Less decoherence and more coherence in quantum gravity, inflationary cosmology and elsewhere. *Foundations of Physics*, 46:852–879.
- Palmer, T. (2024). Superdeterminism without conspiracy. preprint.
- Palmer, T. N. (2009). The invariant set postulate: A new geometric framework for the foundations of quantum theory and the role played by gravity. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 465:3165–3185.
- Palmer, T. N. (2017). A gravitational theory of the quantum. *arXiv*.
- Pearl, J. (2009). *Causality: Models, Reasoning, and Inference*. Cambridge University Press, Cambridge; New York.
- Price, H. (1996). *Time's Arrow & Archimedes' Point: New Directions for the Physics of Time*. Oxford University Press, New York.
- Rauch, D., Handsteiner, J., Hochtner, A., et al. (2018). Cosmic bell test using random measurement settings from high-redshift quasars. *Physical Review Letters*, 121:080403.
- Redhead, M. (1987). *Incompleteness, Nonlocality, and Realism: A Prolegomenon to the Philosophy of Quantum Mechanics*. Oxford University Press.
- Shalm, L. K., Meyer-Scott, E., Christensen, B. G., et al. (2015). Strong loophole-free test of local realism. *Physical Review Letters*, 115:250402.
- Shimony, A., Horne, M. A., and Clauser, J. F. (1976). Comment on “the theory of local beables”. *Epistemological Letters*, pages 1–8.
- 't Hooft, G. (1999). Quantum gravity as a dissipative deterministic system. *Classical and Quantum Gravity*, 16:3263–3279.
- 't Hooft, G. (2000). Determinism and dissipation in quantum gravity, erice lecture. *arXiv*.
- 't Hooft, G. (2001). Determinism in free bosons. *arXiv*.
- 't Hooft, G. (2002). Determinism beneath quantum mechanics. *arXiv*.

- 't Hooft, G. (2007). The free-will postulate in quantum mechanics. *arXiv*.
- 't Hooft, G. (2016). *The Cellular Automaton Interpretation of Quantum Mechanics*. Springer.
- 't Hooft, G. (2017). Free will in the theory of everything. *arXiv*.
- Vervoort, L. (2013). Bell's theorem: Two neglected solutions. *Foundations of Physics*, 43:769–791.
- Weihs, G., Jennewein, T., Simon, C., Weinfurter, H., and Zeilinger, A. (1998). Violation of bell's inequality under strict einstein locality conditions. *Physical Review Letters*, 81:5039–5043.
- Yurchenko, S. B. (2021). The importance of randomness in the universe: Superdeterminism and free will. *Axiomathes*, 31:453–478.